

Traitement du Signal en Mécanique



Patrick FLANDRIN Dominique GARREAU Ménad SIDAHMED

Depuis toujours, les mécaniciens ont voulu vérifier la conception des matériels qu'ils réalisent, contrôler et automatiser leur fonctionnement, en garantir la qualité, réduire les effets néfastes comme les bruits rayonnés ou les vibrations parasites. L'emploi de machines de plus en plus complexes, des cadences de fonctionnement élevées, le respect de normes de sécurité et de nuisances de plus en plus sévères mettent ces préoccupations au premier plan des soucis des industriels.

Divers champs comme la surveillance et le diagnostic, l'analyse modale, le contrôle non destructif ou l'acoustique industrielle ont connu de ce fait un développement important, et ceci dans des domaines aussi divers que l'aéronautique, l'industrie spatiale, l'automobile ou la production d'énergie. Dans chacun de ces cas, le rôle (effectif ou potentiel) joué par le Traitement du Signal peut être déterminant, car ce sont bien les signaux de vibrations, de forces, de couples, ... qui véhiculent l'information utile quant à l'état mécanique des systèmes. Malheureusement, et peut-être parce que l'analyse spectrale par transformée de Fourier fournit et continuera de fournir un outil naturel pour le traitement des signaux en Mécanique, les méthodes plus récentes sont encore mal connues et insuffisamment utilisées dans ce domaine.

Le but des journées « Traitement du Signal en Mécanique », organisées à Senlis en Mars 1990 à l'initiative du CETIM et du GdR 134 CNRS *Traitement du Signal et Images*, était d'une part de faire prendre conscience aux industriels de ces nouvelles potentialités, et d'autre part de faire mieux connaître aux chercheurs les besoins des mécaniciens et les champs d'applications que ces derniers peuvent leur offrir. Ce numéro spécial constitue une prolongation naturelle de ces journées et propose un échantillonnage de travaux actuels dans cette double perspective.

La surveillance des systèmes mécaniques et le diagnostic relatif à des dysfonctionnements possibles est un thème majeur, aux facettes multiples, qui peut être abordé par bien des approches « signal » : il est naturel que plusieurs articles de ce numéro y soient consacrés. D'autres aspects sont également abordés comme l'adaptation d'outils différents de l'analyse spectrale usuelle à la spécificité de problèmes posés en Mécanique (analyse temps-fréquence, analyse cepstrale, décrétement aléatoire), l'optimisation de capteurs ou la commande d'un système mécanique. L'article de M. Basseville et A. Benveniste, qui résume un travail de recherche soutenu sur presque 10 ans, présente une méthodologie générale (à base de modèles paramétriques) qui permet la caractérisation et la surveillance des modes propres d'un système sans mesure de l'excitation à laquelle il est soumis, ce qui permet de prendre des décisions dans des conditions de fonctionnement naturelles.

Un autre problème de caractérisation est abordé dans l'article de M. Chiollaz et B. Favre : il s'agit de rendre compte de la structure fine de signatures vibratoires associées à des événements identifiés d'un cycle moteur, et ceci afin de mieux comprendre les mécanismes de propagation à l'intérieur de la structure et de conversion en bruit rayonné. La démarche suivie est ici non paramétrique : elle s'appuie sur une analyse temps-fréquence motivée par la nature transitoire des signaux vibratoires analysés.

L'article de A. Zoubir et T. Bossmeyer est lui aussi relatif à une application sur des moteurs (la détection de cliquetis) : plus qu'à la méthode de détection elle-même, il s'attache au problème amont qui est d'optimiser la prise d'information sur laquelle travaillera le détecteur. Une approche « signal » (prédiction linéaire, cohérence multiple, tests statistiques) est ici particulièrement intéressante dans la

mesure où elle contribue à améliorer significativement les performances *in fine* d'un détecteur, et ceci à un coût bien moindre que celui qu'exigerait d'autres approches.

Deux articles concernent les engrenages, éléments incontournables de beaucoup de systèmes mécaniques. Le premier, de C. Capdessus et M. Sidahmed, propose le cepstre comme outil d'analyse adapté à l'étude des signaux de vibrations d'un engrenage à très faible rapport de réduction. Le deuxième, de K. Drouiche *et al.*, s'intéresse quant à lui au problème de détection précoce d'écaillage : il considère différentes méthodes à base d'analyse spectrale et/ou de modélisation, et montre l'avantage offert, dans cette application, par un test de sphéricité.

Outre le cepstre déjà mentionné, la Mécanique est un domaine d'application propice à faire vivre ou revivre des techniques peu exploitées par ailleurs : il en est ainsi du « décrétement aléatoire » (identification de la réponse impulsionnelle d'un système résonant par accumulation de réponses à des excitations aléatoires), qui est analysé dans l'article de P. Kopff,

et pour lequel l'auteur présente une nouvelle application. La Mécanique est par ailleurs un lieu privilégié pour agir sur les systèmes que l'on a pu caractériser, et par exemple les commander. L'article de M. Guglielmi *et al.* nous emmène ainsi à un point triple « Signal-Mécanique-Automatique » concernant le pilotage d'un étouffeur actif de vibrations qui repose, pour l'identification, sur une technique de filtrage de Kalman étendu.

Enfin, l'article de B. Georgel présente un problème important de contrôle non destructif, tel qu'il se pose et est traité à Électricité de France. Ceci illustre, et la multiplicité des approches « signal » qui peuvent être mises en œuvre dans une situation complexe (aux deux sens du mot), et le gain que l'on peut espérer de leur coopération.

Comme on le voit, la Mécanique offre un terrain fertile pour le développement et la mise en œuvre de méthodes « signal » pouvant être d'une grande diversité : puisse ce numéro spécial contribuer à la poursuite et au développement d'un dialogue fécond entre mécaniciens et traiteurs de signaux.